Ростовская АЭС. Блок 1.

Предварительные результаты вероятностного анализа безопасности первого уровня.

Автор: Яшкин А.В.

"Атомэнергопроект", Н.Новгород, пл.Свободы-3,

Тел. (8312) 356-641

Факс (8312) 198-490

E-mail niaep@kis.ru

АННОТАЦИЯ

- *Представлены предварительные результаты ВАБ-1 блока 1 Ростовской АЭС для внутренних ИС*
- *Цель работы – оценка безопасности блока, определение частоты повреждения активной зоны реактора и путей повышения показателя безопасности для блока, вводимого в эксплуатацию.*
- *К настоящему времени разработка ВАБ-1 для внутренних ИС завершена, материалы проходят этап согласования организациями-исполнителями.*
- *После согласования материалы будут представлены в ГАН РФ в составе пакета документов для получения лицензии на эксплуатацию. По рассмотрению материалов ВАБ-1 и проведению ГАН РФ экспертизы, результаты ВАБ-1 при необходимости будут уточнены.*

ЦЕЛИ И УСЛОВИЯ РАБОТЫ

Основная цель работы - оценка безопасности блока, определение частоты повреждения активной зоны реактора и сравнение данного показателя с критерием, приведенным в ОПБ-88/97 (1х10-5).

Среди прочих задач необходимо отметить следующие:

- *анализ результатов ВАБ с целью выявления наиболее значимых «вкладчиков» в оценку частоты повреждения активной зоны (отдельного оборудования, систем, действий персонала и др.);*
- *определение путей повышения показателей безопасности блока;*
- *разработка логической (компьютерной) модели блока 1 Ростовской АЭС в качестве основы для дальнейшего использования в рамках «текущего ВАБ».*

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ АНАЛИЗА

Разработка разбита на этапы и фазы, ВАБ первого уровня включает в себя ВАБ для:

- *внутренних исходных событий;*
- *стояночных режимов;*
- *пожаров;*
- *сейсмического воздействия;*
- *режимов с повреждением отработавшего топлива в БВ.*

В первую фазу работ включен ВАБ для внутренних исходных событий

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ АНАЛИЗА (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

- *анализ потенциальных источников радиоактивности (активная зона реактора);*
- *определение критериев повреждения активной зоны реактора (превышение температуры оболочек твэлов величины 1200 °С);*
- *выбор эксплуатационных состояний (работа на номинальном уровне мощности и останов для перегрузки)*
- *анализ последовательностей событий, приводящих к повреждению активной зоны реактора*
- *анализ результатов, выводы и рекомендации.*

ВЫБОР ИСХОДНЫХ СОБЫТИЙ (ИС)

При проведении анализа рассмотрены внутренние исходные события и потеря внешнего электроснабжения. Выбор ИС для проведения количественного анализа выполняется в несколько этапов:

- *разработка возможно более полного перечня ИС*
- *анализ разработанного перечня с целью отбора ИС для дальнейшего анализа*
- *объединение отобранных ИС в группы.*

При разработке ВАБ-1 блока 1 Ростовской АЭС используется следующее определение ИС - событие, вносящее возмущение в нормальную работу АЭС и приводящее к необходимости аварийной остановки реактора и/или срабатыванию других систем безопасности или которое может непосредственно привести к повреждению активной зоны.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- *Данные по частотам исходных событий определены на основании обобщенных данных МАГАТЭ и частот, приведенных в отечественных материалах.*
- *В качестве исходных данных по надежности оборудования в части независимых отказов использовались данные, основанные на статистической информации по надежности оборудования на Балаковской АЭС и данные МАГАТЭ для АЭС с реакторами ВВЭР.*
- *Для анализа ООП использовались данные по опыту эксплуатации различного зарубежного оборудования, в основном АЭС США.*

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ДЕЙСТВИЙ ПЕРСОНАЛА

- *определение ошибок персонала, моделируемых в ВАБ;*
- *включение ошибок персонала в логические модели ВАБ (моделирование ОП);*
- *назначение вероятностных величин для отбора ошибок персонала (отборочный анализ);*
- *детальный качественный анализ;*
- *детальный количественный анализ;*
- *анализ ошибок при восстановлении (определение, моделирование и квантификация).*

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Интеграция моделей

Предварительная квантификация

- *получение предварительных сечений последовательностей, из которых исключаются сечения, содержащие взаимно исключающие события, а также маловероятные сечения;*
- *пересмотр оставшихся сечений с учетом восстановительных действий и ошибок персонала, которые добавляются к сечениям при окончательной квантификации;*
- *оценка чувствительности результатов ВАБ к изменению характеристик наиболее значимых событий и моделей в доминирующих аварийных последовательностях.*

Окончательная квантификация

РЕЗУЛЬТАТЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Среднее значения частоты повреждения активной зоны

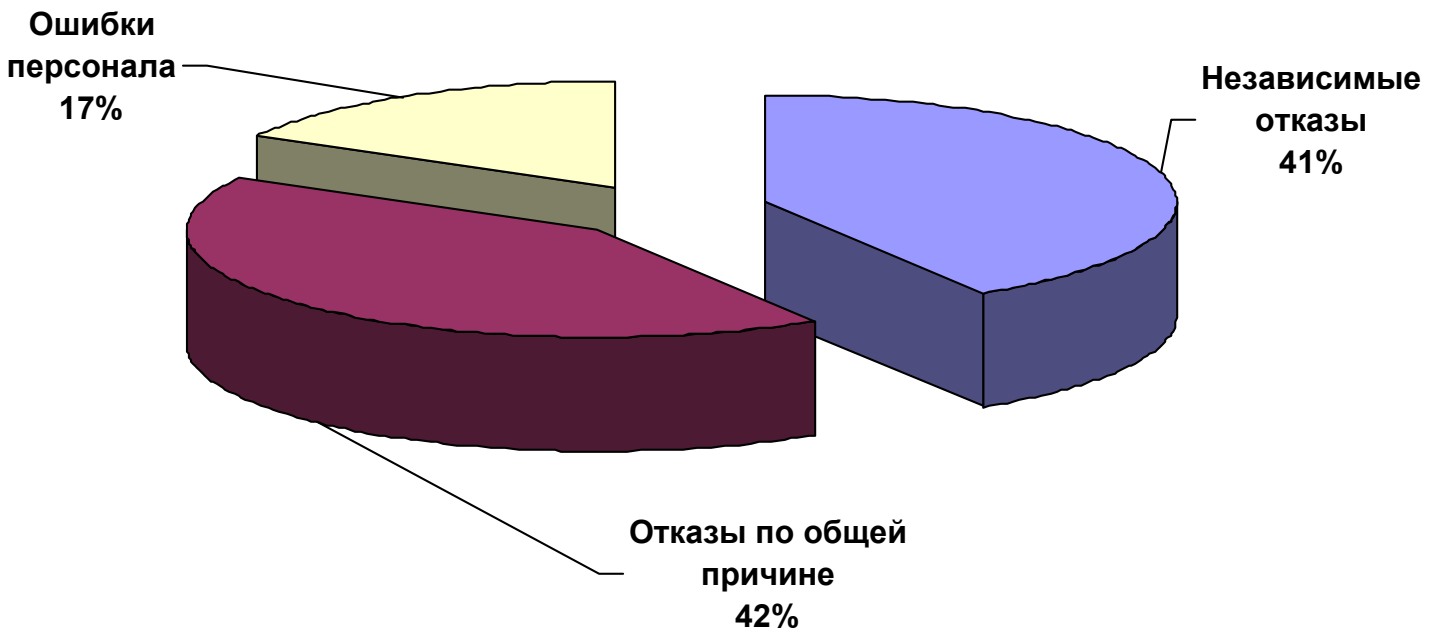
8,117E-005 за реактор в год

Нижняя 5 % граница доверительного интервала

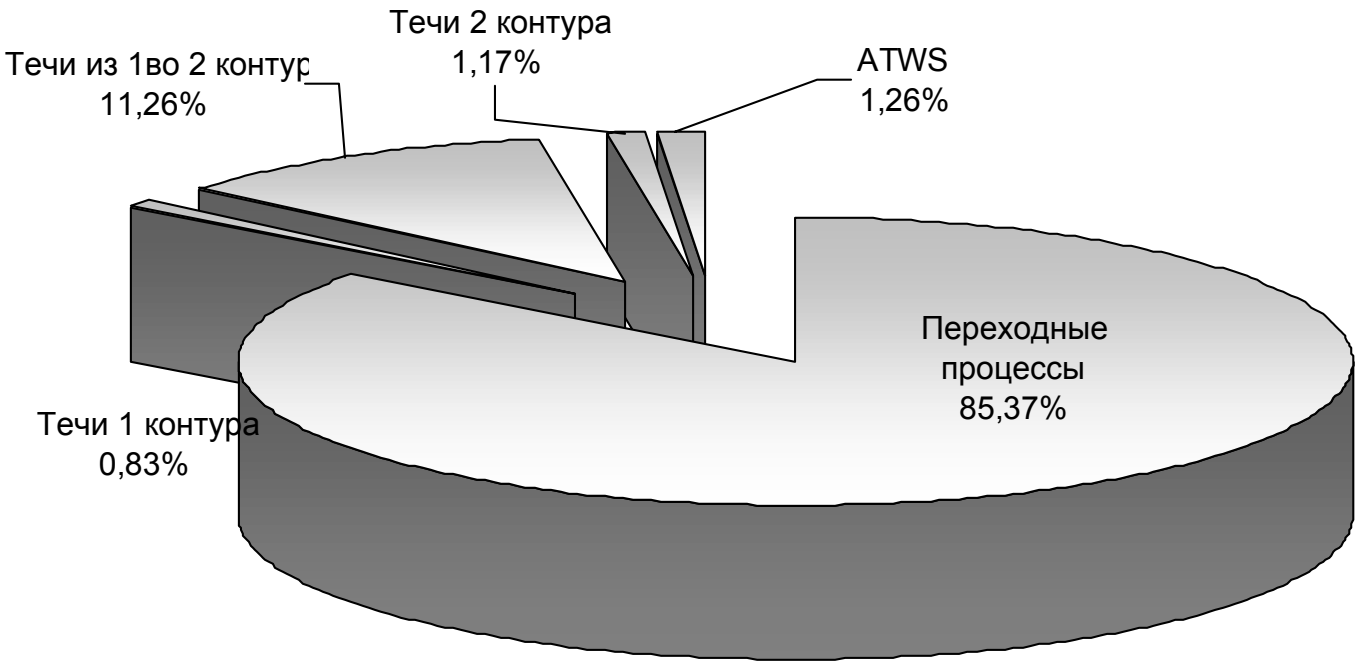
2,365E-005 за реактор в год

Верхняя 95 % граница доверительного интервала

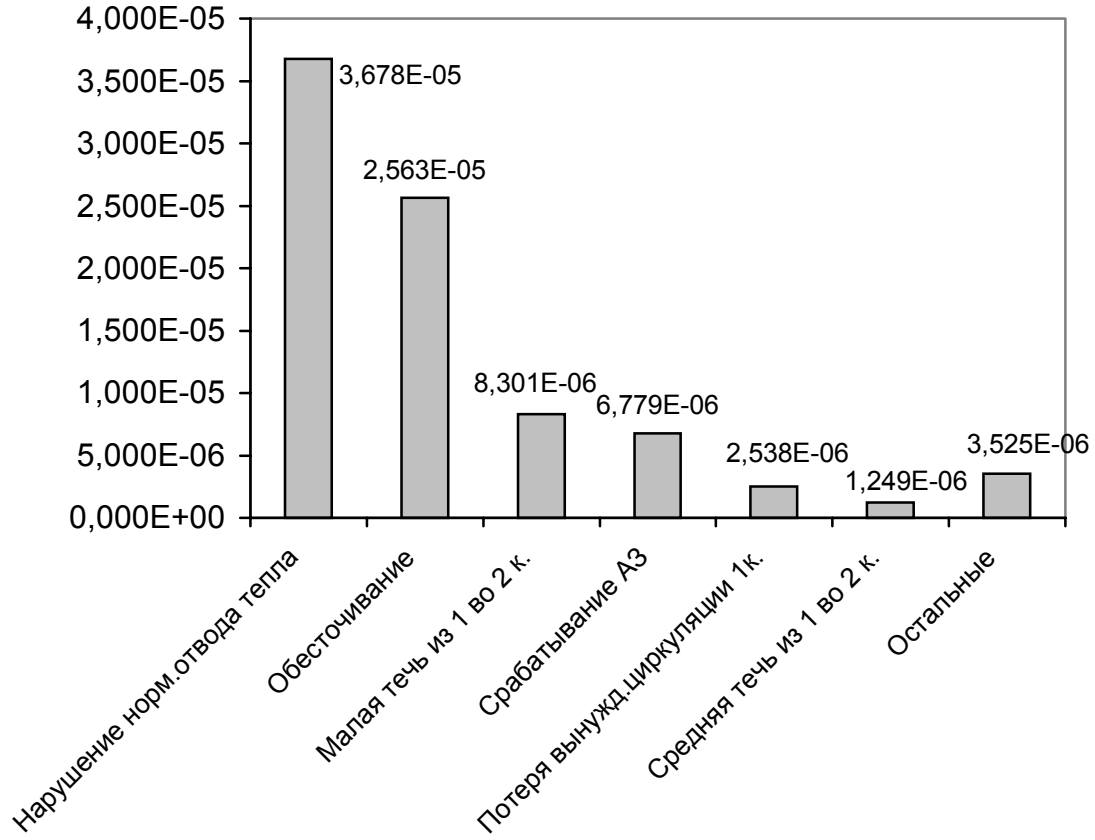
2,120E-004 за реактор в год.



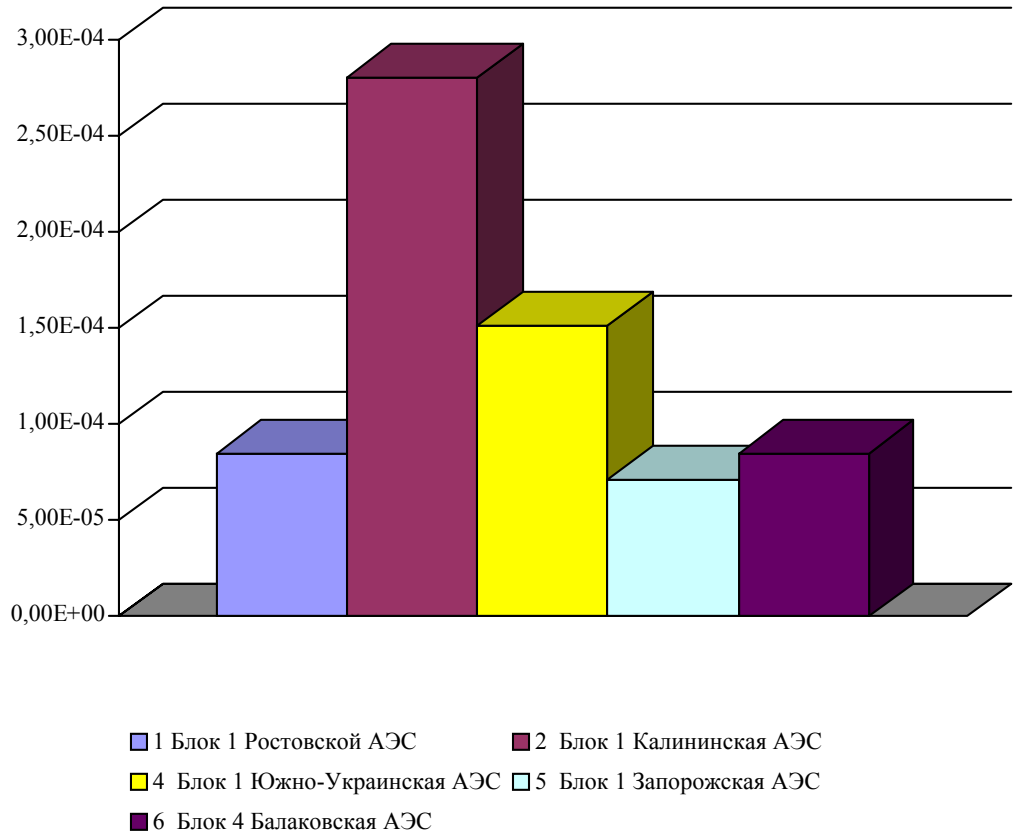
Распределение вкладов по категориям отказов



Вклады различных категорий в ЧПЗ



Значения ЧПЗ для отдельных групп ИС



Частоты повреждения активной зоны для различных АЭС

АП, вносящие наибольший вклад в ЧПЗ

*Наибольший вклад среди АП вносят последовательности^*

- *с отказами САР (неоткрытие обратных клапанов на тр/пр подачи питательной воды в ПГ, незапуск АПЭН)*
- *незакрытием после открытия БРУ-А.*

Минимальные сечения, вносящие наибольший вклад в ЧПЗ

Среди минимальных сечений наибольший вклад вносят сечения ИС "Нарушение нормального отвода тепла по второму контуру":

- *незапуск АПЭН*
- *неоткрытие обратных клапанов на трубопроводе подачи аварийной питательной воды в ПГ*
- *незакрытие после открытия БРУ-А на всех ПГ*
- *неоткрытие задвижек на напоре АПЭН*

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЛОКА 1 РОСТОВСКОЙ АЭС

Выполнение детерминистических исследований. При выполнении моделирования последовательностей событий отдельные аварийные последовательности не развивались далее, т.к. отсутствовал анализ возможности поддержания блока в безопасном состоянии при конкретных конфигурациях систем. Также в ряде случаев критерии успеха систем, необходимых для перевода блока в безопасное состояние, выбирались консервативными. Для развития данных АП и/или уточнения критериев успеха систем необходимо выполнение дополнительных детерминистических исследований к имеющимся для серийного блока.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЛОКА 1 РОСТОВСКОЙ АЭС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Учет восстановительных действий персонала Данный тип действий персонала ориентирован на анализ конкретных условий, возникающих в ходе развития аварийных процессов и выполнение действий, направленных на снижение последствий аварий. Восстановительные действия персонала целесообразно использовать в значимых аварийных последовательностях. К действиям данного типа можно отнести: отсечение ПГ с незакрытыми БРУ-А или ИПУ ПГ по пару и питательной и аварийной питательной воде, повторный запуск ДГ и др.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЛОКА 1 РОСТОВСКОЙ АЭС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Оценка влияния отказов по общей причине (ООП) *Выполненный анализ чувствительности показал, что модель блока чувствительна к изменениям параметров ООП. Данное замечание касается в частности группирования оборудования в классы, подверженные отказам по общей причине, что наряду с выбором модели учета ООП выполнено с консервативными допущениями. Снятие консерватизма при выполнении группировки в классы позволит получить результаты, более приближенные к реальным.*

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ БЛОКА 1 РОСТОВСКОЙ АЭС (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

Разработка и использование специфической БД. Поскольку анализ выполнен для не эксплуатируемого ранее блока 1 Ростовской АЭС, в качестве исходных данных для анализа использована обобщенная БД, что в ряде случаев дает несколько завышенные значения отказов оборудования. Для выполнения последующих анализов, особенно после ввода блока в эксплуатацию, необходима разработка специфической БД. Данная база должна отражать как особенности блока 1 Ростовской АЭС, так и результаты выполнения работ по повышению безопасности и надежности и информацию, полученную при эксплуатации и ППР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- *Определена частота повреждения активной зоны реактора для блока 1 Ростовской АЭС, составляющая 8,117E-005 за реактор в год.*
- *Разработана компьютерная модель блока.*
- *Определены пути повышения вероятностного показателя безопасности блока.*

Из сопоставления полученных результатов с критериями ОПБ-88/97 (1,00E-05 за реактор в год) и комиссии INSAG (1,00 E-04 за реактор в год) следует, что уровень безопасности 1 блока РоАЭС соответствует требованиям, предъявляемым комиссией INSAG (МАГАТЕ) и несколько ниже значения, рекомендуемого ОПБ-88/97. Данный результат хорошо корреспондируются с результатами выполнения ВАБ-1 для АЭС с ВВВЭР-1000.